

## 小型农田水利渠道防渗设计与效益分析

李兵

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司, 河北 石家庄 050000

**[摘要]**小型农田水利渠道作为农业灌溉输水的基础设施,传统的土质渠道存在诸多问题,例如输水效率低下、渗漏大等相关问题,不仅影响粮食的生产稳定,而且制约了农业节水增效。基于此,充分围绕小型农田渠道的工程特点以及实际需求,首先对渠道防渗设计的关键流程进行系统性的阐述,并探讨主流的技术方案以及具体的结构设计要点,并从节水效益、经济效益以及社会生态效益三个维度开展量化的分析,以期能够为基层的小型农田水利渠道的建设以及改造,提供切实可行的技术参考,从而推进农田建设高标准发展,提高农业的水资源利用。

**[关键词]**小型农田渠道; 防渗设计; 节水效益; 渠道衬砌; 水利工程

DOI: 10.33142/hst.v9i3.19345

中图分类号: TV642.2

文献标识码: A

### Design and Benefit Analysis of Anti-seepage Measures for Small-scale Agricultural Water Conservancy Channels

LI Bing

Hebei Water Resources and Hydropower Investigation, Design and Research Institute Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** As the infrastructure for agricultural irrigation and water supply, small-scale agricultural water conservancy channels have many problems with traditional soil channels, such as low water supply efficiency and large leakage, which not only affect the stability of grain production, but also restrict agricultural water conservation and efficiency improvement. Based on this, fully focusing on the engineering characteristics and practical needs of small-scale farmland channels, a systematic exposition of the key process of channel anti-seepage design is first conducted, and mainstream technical solutions and specific structural design points are explored. Quantitative analysis is carried out from three dimensions: water-saving benefits, economic benefits, and social ecological benefits, in order to provide practical technical references for the construction and transformation of small-scale farmland water conservancy channels at the grassroots level, promote the high standard development of farmland construction, and improve the utilization of water resources in agriculture.

**Keywords:** small scale agricultural channels; anti-seepage design; water-saving benefits; channel lining; hydraulic engineering

#### 引言

我国的农业用水量占全国总用水量的比例较高,其中灌溉输水过程中的水量损失占比相对较高,成为严重制约农业用水效率提高的关键问题。小型农田水利渠道具有数量多、分布广泛等特点,传统的土质在运行的过程中渗漏损失率较高,造成严重的资源浪费现象,同时也会引发渠床塌陷、土壤盐渍化等严重后果,对农作物的灌溉质量造成严重的影响,降低农户的种植收益。为了提高灌溉水利用效率,渠道防渗是治理输水渗漏的核心技术措施。主要是根据小型农田渠道的具体情况,通过加固渠体的结构,或者是在渠床表面铺设防渗材料阻断水分渗漏,在降低输水损耗的同时可以提高渠道的稳定性,延长渠道的使用寿命。目前我国小型渠道

防渗技术的体系较为成熟,可供选择的技术方案也较多,因此需要根据不同的地区条件灵活的选用。本文充分围绕小型农田渠道的实际情况,探讨可落地且易推广的防渗技术方案,助力农田末级渠系节水改造与高效节水灌溉发展。

#### 1 渠道防渗设计基础与原则

##### 1.1 小型农田渠道基本特点

小型农田水利渠道是灌区的末级渠系,主要职责是负责田间的灌溉输水功能,其核心特征主要包括以下几点:一是渠线的布设较为灵活,通常根据田间地块以及地形走势合理布置渠线,弯道比较多,而且渠线的坡度较为平缓;二是设计的流量比较小,通常斗渠、农渠流量大多处于0.1~0.5m<sup>3</sup>/s范围内,单渠流量小于1m<sup>3</sup>/s;三是使用具有

明显的季节性,通常非灌溉期基本处于闲置状态,在作物灌溉期会大量使用;四是工程体量偏小,单项工程量不大,施工以人工或小型机械设备为主,便于就地取材建设;五是地质条件相对简单,以普通壤土、砂壤土为主,部分地区存在轻微冻胀或湿陷现象。

### 1.2 防渗设计核心原则

(1) 实用性原则:在防渗设计过程中,优先选择操作便捷、施工简易的技术方案,同时充分围绕基层的施工条件,以此确保工程可以高效落地且易维护。

(2) 经济性原则:同时也要兼顾建设成本,在设计过程中建议优先选择性价比高的防渗材料,对工程的投资成本进行控制。

(3) 耐久性原则:防渗结构需要充分围绕区域气候以及地质条件进行设计,以此确保足够的抗冻胀,抗冲刷、抗氧化能力,减少后期维修,延长渠道使用寿命。

(4) 安全性原则:保证渠道输水稳定、边坡不坍塌、不出现漫溢、渗漏等安全隐患,同时保护周边农田与生态环境,避免土壤次生盐碱化。

(5) 节水高效原则:在保障田间灌水量充足的情况下,最大限度减少输水渗漏损失。

### 1.3 设计前期基础勘测

为了确保小型渠道防渗设计的规范性与科学性,以及保障渠道长期稳定运行。在小型渠道防渗设计前期勘察中,需要使用全站仪、水准仪等测量工具,获取渠道沿线的坐标信息,准确地掌握渠道沿线的地形起伏、坡度变化等情况,确定渠道纵坡与走向,纵坡一般控制在 1/500~1/1000,

以此确保水流顺畅。勘察渠床土壤类型,区分壤土、砂壤土、砂土等,测试渠床土壤的物理性质,砂土渗漏性最强,需重点加强防渗处理。另外,在前期的探测过程中,充分考虑区域气候条件对渠道的影响,尤其要关注冬季冻深,对于南方多雨区域,做好排水与抗冲刷设计,以此确保在暴雨天气渠道能够及时排出雨水,以免发生内涝。北方冻胀区域需适当调整防冻胀结构的设计。会有针对性的开展前期的勘查工作,可以提高渠道防渗设计的质量以及效果。

## 2 小型农田渠道常用防渗方案对比

结合小型农田渠道的特点,常用防渗方案分为四类,各类方案的优缺点、适用场景、造价与防渗效果对比如下表所示,设计时可根据实际条件择优选择,其中混凝土衬砌与土工膜防渗是目前应用最广泛的方案。

优化建议选择:对于小型永灌溉渠道,建议优先选择现浇混凝土 U 型断面衬砌,可以提高水资源的利用效率,节水效果好,并且使用寿命可以达到 20~30 年;对于资金比较紧张或临时渠道建议优先选用土工膜防渗,不仅见效快,而且成本较低;对于年土资源比较充足且偏远地区,建议优先使用黏土夯实防渗,可起到显著的防渗效果,又可降低成本。

## 3 渠道防渗断面与结构设计

### 3.1 常用渠道断面形式选择

小型农田防渗渠道常用断面形式为梯形、矩形、U 型三种,其中 U 型断面水力条件最优,占地少、防渗效果好,是小型渠道的首选形式;梯形断面施工简单,适配土质渠床;矩形断面适用于狭窄地块或石质渠床。三种断面形式示意图如下:

表 1 小型农田渠道常用防渗方案对比表

防渗方案	核心材料	防渗效果	施工难度	造价(元/m)	适用场景
黏土夯实防渗	黏性土	一般, 渗漏率降低 20%~30%	极低, 人工夯实即可	5~10	黏土资源丰富、临时灌溉渠道、资金有限区域
土工膜防渗	PE/PVC 土工膜(厚度 $\geq 0.3\text{mm}$ )	良好, 渗漏率降低 60%~70%	较低, 人工铺设焊接	15~25	砂壤土渠道、南方非冻胀区、短期使用渠道
现浇混凝土衬砌	C20 混凝土(厚度 6~10cm)	优秀, 渗漏率降低 80%~90%	中等, 小型机械+人工	30~45	永久灌溉渠道、北方冻胀区、各类土质渠道
浆砌石衬砌	块石+水泥砂浆	较好, 渗漏率降低 50%~60%	较高, 人工砌筑	40~55	石料丰富区域、抗冲刷要求高的渠道

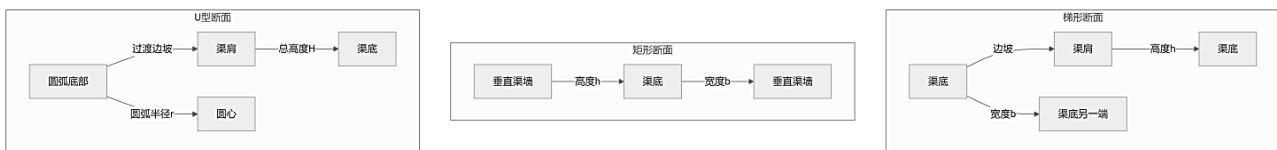


图 1 小型防渗渠道常用断面形式示意图

小型渠道断面设计无需复杂水力计算,采用经验参数即可满足使用需求,核心参数控制如下:

渠道底宽  $b$ : 农渠、毛渠控制在  $0.3\sim 0.8\text{m}$ , 斗渠控制在  $0.8\sim 1.2\text{m}$ ;

渠道水深  $h$ : 设计水深  $0.4\sim 0.6\text{m}$ , 富余水深不低于  $0.1\text{m}$ , 防止漫溢;

边坡系数  $m$ : 壤土渠道  $m=1.0\sim 1.25$ , 砂壤土渠道  $m=1.25\sim 1.5$ , U 型断面圆弧半径  $r=0.2\sim 0.4\text{m}$ ;

渠顶宽度: 防渗渠道渠顶宽度  $0.2\sim 0.3\text{m}$ , 方便行走与后期维护。

### 3.2 混凝土防渗渠道结构设计

现浇混凝土衬砌是小型渠道最常用的防渗结构,设计流程简单,结构分层清晰,具体设计要点如下:

#### 3.2.1 渠床基础处理

基础处理是保证防渗结构稳定的关键,首先清理渠床杂草、树根、尖锐石块,平整渠底与边坡;对于松软土基,需分层夯实,压实度不低于  $90\%$ ;对于砂土基础,可铺设  $5\sim 10\text{cm}$  厚碎石垫层,防止基础沉降变形;北方冻胀区域,需增设  $10\sim 15\text{cm}$  厚砂石防冻胀层,阻断冻胀力对混凝土结构的破坏。

#### 3.2.2 混凝土衬砌层设计

混凝土强度等级选用 C20, 满足抗压与抗冲刷要求;衬砌厚度: 渠底  $6\sim 8\text{cm}$ , 边坡  $5\sim 7\text{cm}$ , U 型断面整体厚度均匀,控制在  $6\text{cm}$  左右;渠道每隔  $3\sim 5\text{m}$  设置一道伸缩缝,缝宽  $1\sim 2\text{cm}$ , 填充沥青麻丝或密封胶,防止混凝土热胀冷缩开裂;渠道进出口、转弯处适当加厚衬砌层,增强抗冲刷能力。

#### 3.2.3 附属结构设计

小型防渗渠道需设置简易进水口、出水口与泄水口,进水口与出水口采用混凝土预制件,方便对接田间灌溉设施;渠线较长时,每隔  $50\sim 100\text{m}$  设置一处沉沙池,沉淀泥沙,防止渠道淤积;边坡顶部设置简易挡水沿,防止雨水汇入渠床冲刷衬砌层。

### 3.3 土工膜防渗渠道结构设计

土工膜防渗结构施工更简便,适合临时渠道与快速改造工程,设计要点: 选用厚度  $\geq 0.3\text{mm}$  的 PE 土工膜,渗透系数  $\leq 1\times 10^{-7}\text{cm/s}$ , 防渗性能达标;土工膜铺设前,基础平整夯实,无尖锐杂物;铺设时纵向搭接宽度  $10\text{cm}$ , 横向搭接宽度  $15\text{cm}$ , 搭接处采用热熔焊接,焊接温度控制在  $180\sim 200^\circ\text{C}$ , 保证密封不渗漏;土工膜上下铺设  $5\text{cm}$  厚细土保护层,上部覆盖素土压实,防止土工膜被阳光暴晒老化、被外力破坏。

## 4 渠道防渗工程效益分析

小型农田渠道防渗工程的效益主要体现在节水效益、经济效益、社会生态效益三个方面,直观体现防渗工程的实际价值,核心核算指标为渠系水利用系数、节水量、成本节约额等。

### 4.1 节水效益分析

节水效益是渠道防渗工程最核心的效益,通过减少输水渗漏损失,提升水资源利用率,核心核算指标为渠系水利用系数与年节水量。

#### 4.1.1 核心计算公式

(1) 渠系水利用系数:  $\eta = \text{净灌溉用水量} / \text{毛灌溉用水量}$

(2) 渗漏损失率:  $\delta = 1 - \eta$

(3) 年节水量:  $\Delta W = W_{\text{毛}} \times (\delta_{\text{前}} - \delta_{\text{后}})$

式中:  $\eta$  为渠系水利用系数;  $\delta$  为渗漏损失率;  $\Delta W$  为年节水量 ( $\text{m}^3$ );  $W_{\text{毛}}$  为年毛灌溉用水量 ( $\text{m}^3$ );  $\delta_{\text{前}}$  为防渗前渗漏损失率;  $\delta_{\text{后}}$  为防渗后渗漏损失率。

#### 4.1.2 节水效果对比

传统土渠渠系水利用系数仅  $0.5\sim 0.6$ , 渗漏损失率  $40\%\sim 50\%$ ; 实施防渗后, 不同方案节水效果差异明显, 具体数据如下表:

表 2 不同防渗渠道节水效果对比表

渠道类型	渠系水利用系数	渗漏损失率	节水率
传统土渠	0.5~0.6	40%~50%	—
黏土夯实渠道	0.65~0.7	30%~35%	20%~30%
土工膜防渗渠道	0.75~0.8	20%~25%	60%~70%
混凝土衬砌渠道	0.85~0.9	10%~15%	80%~90%

以年均灌溉用水量为  $10\text{万 m}^3$  的小型灌区为例进行计算, 在采取混凝土衬砌防渗措施之后年节水量可达  $3\sim 4\text{万 m}^3$  并且可以起到显著的节水成效, 提高水资源的利用效率, 缓解农业用水紧张问题, 保障粮食安全和生态稳定, 这一防渗措施适用于干旱、半干旱地区。

### 4.2 经济效益分析

渠道防渗工程的经济效益分为直接效益与间接效益, 直接效益为节水带来的水费节约、灌溉面积增加收益; 间接效益为渠道维修费用减少、农作物增产收益。

#### 4.2.1 直接经济效益

一是水费节约: 按农业用水单价  $0.3\text{元}/\text{m}^3$  计算, 年节水量  $3\text{万 m}^3$  年节约水费  $9000\text{元}$ ; 二是灌溉面积增加:

节约的水量可新增灌溉面积 10%~15%，按每亩农田年均收益 1000 元计算，新增收益可观；三是维修成本降低：传统土渠每年需进行清淤、补坡、堵漏，年均维修费用占建设成本的 15%~20%，防渗渠道年均维修费用仅占建设成本的 2%~3%，大幅减少后期运维投入。

#### 4.2.2 间接经济效益

防渗渠道展现出输水均匀且水量充沛的优势，在灌溉的过程中可以精准且稳定地将水分输送至田间，避免了农作物在关键生长阶段因缺水而遭受减产风险，有助于提高农作物亩均产量。与此同时，小型混凝土防渗渠道可以减少渗漏问题，控制周边农田土壤的水分含量，避免周边农田土壤过湿、盐碱化，从源头上保障了耕地质量，避免因土壤问题造成的产量损失。综合核算，小型混凝土防渗渠道的投资回收期约 3~5 年，持续为农业生产创造价值，长期经济效益显著。

### 4.3 社会与生态效益分析

#### 4.3.1 社会效益

渠道防渗工程提升了灌溉保障能力，稳定农业生产，保障粮食安全，助力高标准农田建设；减少输水损耗，缓解区域农业用水矛盾，优化水资源配置；渠道结构稳固，减少坍塌、漫溢等安全隐患，降低农户灌溉劳动强度，提升农业生产效率，助力乡村振兴与农业现代化发展。

#### 4.3.2 生态效益

减少渠道渗漏，避免地下水过度补给引发的土壤次生盐碱化，保护耕地生态；节约的水资源可用于生态补水、河道涵养，改善区域水生态环境；防渗渠道减少清淤、维修产生的土方开挖，降低对周边植被与土壤的破坏，契合绿色发展理念；同时，减少水资源浪费，助力节水型社会建设，实现生态与经济协同发展。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

小型农田水利渠道防渗设计核心是充分围绕工程的实际情况，选择使用经济且简易的防渗方案。同时在设计的过程中要做好基础处理、断面设计与结构防护，从而提高防渗效果。混凝土衬砌防渗方案不仅能够达成节约水资源的目标，而且可以提高渠系水利用系数，综合性能最优，因其卓越的综合性能适配绝大多数小型农田渠道，在具体的过程中，不仅可以保障农业生产用水需求，而且兼具良好的经济效益与生态效益；土工膜、黏土夯实等方案成本更低，可以为工程的建设控制成本投入，这些方案适用于

资金相对有限或临时渠道区域的备选方案。

在农业水利领域中，渠道防渗工程具备多维度的效益，不仅能大幅减少水资源渗漏损耗，提升农业用水效率，还能降低渠道运维成本、增加农作物产量、改善区域生态环境。

### 5.2 设计与施工建议

**设计阶段：**优先选用 U 型现浇混凝土衬砌方案，严格控制断面参数与基础处理质量，北方冻胀区域必须增设防冻胀层，避免结构开裂；

**施工阶段：**在施工的过程中，组织施工队伍参加培训，使其能够规范作业，混凝土的搅拌、振捣以及养护等各个环节要落实到位，土工膜的焊接要密封严实，避免出现施工质量缺陷。对材料的质量进行严格的把控，确保材料合格方可使用；

**运维阶段：**定期清理渠道泥沙与杂物，检查防渗层破损情况，及时修补裂缝、漏洞，延长渠道使用寿命；

**推广阶段：**要围绕区域的实际情况，合理的选用防渗方案，加大末级渠系防渗改造力度，配套简易量水设施，实现精准灌溉、高效用水。

#### [参考文献]

- [1]李芳芳.小型农田水利渠道防渗技术应用研究[J].农业机械,2024(12):92-94.
- [2]李楠.农田水利渠道防渗技术相关问题[J].数字农业与智能农机,2023(1):55-57.
- [3]张峰.小型农田水利建设中渠道防渗技术研究[J].世界热带农业信息,2021(12):47-47.
- [4]汤协坤.小型农田水利工程的施工建设与管理措施[J].大众标准化,2023(12):91-93.
- [5]尹成志.农田水利防渗渠道工程建设及实施探讨[J].河北农业,2023(5):48-49.
- [6]张延.渠道防渗技术在农田水利工程中的应用效果探究[J].数字农业与智能农机,2024(2):56-59.
- [7]彭岳龄.小型农田水利渠道防渗技术及实践分析[J].农业机械,2024(3):56-58.
- [8]葛志刚.农田水利渠道渗漏的原因及防渗技术[J].农村科学实验,2025(2):97-99.

作者简介：李兵（1988.4—），毕业院校：华北水利水电大学，所学专业：水利水电工程，当前就职单位：河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司，职务：职员，职称级别：高级工程师。